

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-269098

⑪ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和61年(1986)11月28日

G 21 K 1/04
A 61 B 6/008204-2G
7033-4C

審査請求 未請求 発明の数 1 (全9頁)

⑭ 発明の名称 コリメータ

⑮ 特 願 昭61-42770

⑯ 出 願 昭61(1986)2月27日

優先権主張 ⑰ 1985年2月28日 ⑱ 米国(US) ⑲ 06/706771

⑳ 発 明 者 アンドレス ブラーメ スウェーデン国、エスー161 46 ブロンマ、スタグバー
ゲン 40,㉑ 出 願 人 インストゥルメント スウェーデン国、エスー755 90 ウプサラ、フスビボル
アクチボラーク スカ グ (番地なし)
ンデイトロニクス

㉒ 代 理 人 弁理士 土橋 秀夫 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

コ リ メ ー タ

2. 特許請求の範囲

(1) 放射源から放出される高エネルギー光子と、電子と、陽子と、重イオンとからなる群から選定された粒子の放射ビーム用コリメータにおいて、保護ケーシングと、該ケーシングによって被覆される枠体と、複数の対をなして対向した細長い彎曲した断面クサビ形状の薄片とから成り、頂部に向かって集中する扇形の形状が放射源において達成されるように隣接した薄片を並んで配置させ、各一对の薄片が放射源から放射区域の縁部を直角に交差する通路に沿って互いに向って且つ互いから離れる運動を行なうことができるように各クサビ形状の薄片を支持構造体上に回転及び並進運動可能に取付け、各薄片の内縁面と2つの主面を常に放射源に対して向け、更に各個の通路に沿って予め定めた位置に各薄片を設定するための設定機構を備え、各

薄片と支持構造体との間に支持機構を設け、薄片の位置を決定する読取り機構を備えたことを特徴とするコリメータ。

(2) ケーシングをヘリウムガスで充填させたことを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載のコリメータ。

(3) ヘリウムガスを大気又は低圧に保持させたことを特徴とする特許請求の範囲第2項に記載のコリメータ。

(4) 薄片を鉛、タングステン及びウランウムのとき高密度および高原子番号を有する材料から形成することを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載のコリメータ。

(5) 設定機構を各薄片の位置を設定するための個々のモータから構成したことを特徴とする特許請求の範囲第4項に記載のコリメータ。

(6) 薄片には放射区域と反対の端部に設けた上方に向けた延長部を備え、延長部にはモータの出力軸に沿って設けた第2ネジ機構と係合して第1ネジ機構を有する軸機構を備えたことを

特徴とする特許請求の範囲第5項に記載のコリメータ。

(7) 読取り機構をTVカメラ機構と、コリメータが焦点合せされる放射源の中心に対応し且つTVカメラ機構の光学的中心が配置される点から放射区域を見るためのミラー機構と、薄片の位置を設定するための各個のコリメータ薄片用のモータ機構と、TV画像情報を各個の薄片の位置を示すデータ位置信号に変換するための交換手段からなるTVカメラ読取り装置と、データ信号を受信し且つ放射区域の所望の形状を示すデータ位置信号と前記信号を比較しそして比較されたデータ位置信号間に偏差がある場合に薄片をその所望位置に移動するために各モータに信号を発生するためのデータプロセッサとから構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載のコリメータ。

(8) TVカメラ画像の予め定めた線に明/暗の変わり目を検出することにより各コリメータ薄片の位置を設定するようにTVカメラを配置

させたことを特徴とする特許請求の範囲第7項に記載のコリメータ。

(9) 各コリメータ薄片の位置をコリメータに取付けた固定照明棒又は反射機構に関連して各コリメータ薄片の前面において明/暗の変わり目によって決定させることを特徴とする特許請求の範囲第8項に記載のコリメータ。

(10) 各薄片を各コリメータ薄片の頂面に対して平行に延びる幾つかのTV画像線によって走査されそして少なくとも第2の線内の明/暗の変わり目が薄片の位置に関する以下のデータ、すなわち、

(1) 薄片の前面の実際の位置、および

(2) 照明棒によって設定されるような基準位置

を得るように使用することを特徴とする特許請求の範囲第9項に記載のコリメータ。

(11) 放射区域形状の輪郭線に関するデータをデータプロセッサのメモリ内に、コリメータ薄片の設定前に、記憶させることを特徴とする特

許請求の範囲第9項に記載のコリメータ。

(12) 放射区域の位置に関するデータを輪郭線の明/暗の変わり目を感知することにより放射されるべき物体の表面上に直接描かれた輪郭線からTVカメラ機構によって取ることを特徴とする特許請求の範囲第11項に記載のコリメータ。

(13) 放射源から放出される高エネルギー光子と、電子と、陽子と、重イオンとからなる群から選定された粒子の放射ビーム用コリメータにおいて、保護ケーシングと、該ケーシングによって被覆される枠体と、複数の対をなして対向した細長い弯曲した断面クサビ形状の薄片とから成り、頂部に向かって集中する扇形の形状が放射源において達成されるように隣接した薄片を並んで配置させ、各一对の薄片が放射源から放射区域の縁部を直角に交差する通路に沿って互いに向って又は互いから離れる運動を行なうことができるように各クサビ形状の薄片を支持構造体上に回転及び並進運動可能に取付け、各薄片の

内縁面と2つの主面を常に放射源に対して向け、更に各個の通路に沿って予め定めた位置に各薄片を設定するための設定機構を備え、各薄片と支持構造との間には支持機構を設け、薄片の位置を決定するような読取り機構を備え、保護ケーシングにはヘリウムガスを充填させたことを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載のコリメータ。

(14) 読取り機構をTVカメラ機構と、コリメータが焦点合せされる放射源の中心が配置される点から放射区域を見るためのミラー機構と、薄片の位置を設定するような各個のコリメータ薄片用のモータ機構と、TV画像情報を各個の薄片の位置を示すデータ位置信号に変換するためのA/D変換手段からなるTVカメラ読取り装置と、データ信号を受信し且つ放射区域の所望の形状を示すデータ位置信号と前記信号を比較しそして比較されたデータ位置信号間に偏差がある場合に薄片をその所望位置に移動するために各モータに信号を発生するためのデータプ

ロセッサとから構成したことを特徴とする特許請求の範囲第13項に記載のコリメータ。

(15) TVカメラ読取り装置をTVカメラ画像の予め定めた線に明／暗の変わり目を検出することにより各コリメータ薄片の位置を決定するように配置させることを特徴とする特許請求の範囲第14項に記載のコリメータ。

(16) 各コリメータ薄片の位置をコリメータに取付けた固定照明棒に関連して各コリメータ薄片の前面において明／暗の変わり目によって決定することを特徴とする特許請求の範囲第15項に記載のコリメータ。

(17) 各薄片を各コリメータ薄片の頂面に対して平行に延びる幾つかのTV画像線によって走査されそして少なくとも第2の線内の明／暗の変わり目が薄片の位置に関する以下のデータ、すなわち、

- (1) 薄片の前面の実際の位置、および
- (2) 照明棒によって設定されるような基準位置

度のエネルギーが放射治療のために考えられている。

本願出願人の所有に係る米国特許4,463,266号明細書に記載の中性子コリメータにおいて、クサビ形状のスラブは各一对のスラブの内側対向縁が有効な放射源に対して常に向けられるように対向して配置されている。これは所望しない半影、即ち、各スラブの背部の長手方向の運動方向に延びる半分影になった区域の形成を阻止する。各スラブのクサビ形状によりまた各スラブの平らな主面は放射源に対して向けられ、それにより長手方向に対して垂直な方向に所望しない半影を形成するのを阻止する。

上述した種類の高エネルギー粒子を使用した場合に、中性子コリメータのスラブは粒子を吸収するために非常に厚くしなければならず、又所望しない粒子の散乱を発生する。スラブは固いたングステンおよび低炭素軟鉄からなるので公知の中性子コリメータは重くかつスラブを支持するための丈夫な枠体を必要とする。これは構

造を得るように使用することを特徴とする特許請求の範囲第16項に記載のコリメータ。

(18) 放射区域の形状の輪郭線に関するデータをデータプロセッサのメモリ内に、コリメータ薄片の設定前に、記憶させることを特徴とする特許請求の範囲第17項に記載のコリメータ。

(19) 放射区域の位置に関するデータを輪郭線の明／暗の変わり目を感知することにより放射されるべき物体の表面上に直接描かれた輪郭線からTVカメラ機構によって取ることを特徴とする特許請求の範囲第18項に記載のコリメータ。

3. 発明の詳細な説明

本発明はコリメータに関し、詳言すれば高エネルギー光子と、電子と、陽子と、重イオンとからなる群から選定された粒子の放射ビーム用多重薄片コリメータに関するものである。

最近の放射治療装置は深部に位置した腫瘍を放射するのに高エネルギー粒子を使用する。高エネルギー光子および電子によれば1~50 MeV程

造的観点からの欠点である。

更に、上述した種類の高エネルギー粒子、とくに電子をコリメータに使用することができる場合にコリメータ内の空気分子は放射ビームの粒子と相互に作用し、それにより所望されるように、有効な放射源がもはや点であるがむしろ一定の範囲の区域にでないように現われる作用を生じる。これは前記区域の周辺から放出された粒子が対向内側縁端に所望しない散乱粒子を生じさせると共に、スラブの内縁又はスラブの平らな主面も有効な放射源に向っていないという事実から増大された半影を生じさせるので望ましくない。

公知のコリメータが高エネルギー光子による治療に使用される場合に、前記光子はコンプトン相互作用と2次電子を生じる空気の原子と衝突し、その相互作用と2次電子は患者の皮膚に所望しない投与量の増加を生じさせてしまう。

本発明は高品質の変換区域形状を発生し且つ高エネルギー電子および光子を放射治療に使用す

るとき点型照射源を維持するために従来技術による中性子コリメータの欠点を回避する多重薄片コリメータに関する。特にコリメータの重量を減少することができる。

本発明の実施態様において、保護ケーシングと、該ケーシングによって囲まれる枠体と、複数の対をなして対向した細長い湾曲した断面クサビ形状の薄片と、各個の通路に沿って予め定めた位置に各薄片を設定するための設定機構と、各薄片と支持構造との間に設けた支持機構と、薄片の位置を決定するような読取り機構とから構成し、頂部に向って集中する扇形の形状が有効な放射源において達成されるように隣接した薄片を並んで配置し、各一对の薄片が放射源から放射区域の縁部を直角に交差する通路に沿って互いに向って且つ互いに離れる運動を行なうことができるように各クサビ形状の薄片を支持構造体上に回転及び並進運動可能に取付け、各薄片の内縁面と2つの主面を常に放射源に対して向け、点型有効放射源から放射される高エネ

ビームをターゲット8に投射させる。ターゲット8の材料及び到来ビームの素粒子に依存してターゲット8は高エネルギー光子、陽子、電子又は重イオン源として作用する。これは当業者には公知であるゆえ詳細には説明しない。ターゲット8の下側に位置決めされるのは重金属一次コリメータ9で、コリメータ9は所望の最大放射ビームを制限するのに使用する。一次コリメータ9の下側に位置決めさせ且つコリメータ9の開口部と整列させて平滑化フィルタ10およびイオン化室11を設けることができる。イオン化室11は投与量を測定するため且つそれ自体公知の他のビーム制御の目的のために放射区域に設けられている。更に下流にはブロックコリメータ7を位置決めさせてある。そのさらに下流には本発明による多重薄片コリメータ5を位置決めさせてある。多重薄片コリメータ5は符号12で示した支持構造体内に取付けられている。支持構造体12は枠体4の底部に取付けられている。該枠体4とこれに取付けた部材は

ルギ光子と、電子と、陽子と、重イオンとからなる群から選定された粒子の放射ビーム用コリメータを提供する。

本発明の他の実施状態において保護ケーシングは大気圧においてヘリウムで充填されている。

次に本発明の実施例を添付図面について詳細に説明する。

第1図には高エネルギー電子のビームを発生させるための加速器1を略示し、該高エネルギー電子ビームを回転架台2内のビーム搬送装置及びビーム光学装置によって回転架台2の端部に取付けた回転放射ヘッド3に案内する。回転放射ヘッド3は枠体4と、本発明による多重薄片コリメータ5と、一点鎖線で示した保護ケーシング6とからなっている。多重薄片コリメータ5に加えて通常のブロックコリメータ7は本発明によるコリメータ5の薄片の長手方向の運動方向に対して垂直な方向に放射ビームをコリメート(集中)すべく枠体4に設けられている。

第2図から明らかなように、加速された電子

円形の頂面取付け板14上に軸受け13によって回転可能に支持されている。

支持構造体12は放射通路を妨害しないようにその中央に開口部を有する長方形基板17にそれぞれの上端を取付けた2つの対向した長方形側壁15および16からなっている。側壁15、16は下端において放射ヘッド3の前面を形成する薄い透明フィルム21によって被覆されている長方形開口部21を備えた下方板19に取付けられている。側壁15と側壁16との間には対向する一对の上部及び下部屈曲支持棒22、23及び24、25がそれぞれ延伸している(第3図比較)。

細長く屈曲し且つ断面においてテーパの付いた多数の対向する一对の薄片30、31を上部及び下部支持棒22~25間に摺動可能に取付けてある。各一对の薄片は同一方法で支持されるので薄片31のみの構造を詳細に説明する。それゆえ薄片30についても対応する構造が設けられていることを理解されたい。更に、この

構造はさらに他の薄片31及び他の薄片30の各々についても同様である。好適な実施例においては32対の薄片30、31を設けてある。各薄片は固い鉛、タングステン、ウラニウムによって形成されるか、又は高密度及び高い原子番号又はより一般的には放射のための高い相互作用をなす断面を有する他の材料によって作られている。各薄片の高さは約70mmで、長さは約30mmである。第4図から見られるように、各薄片は断面にテーパが付いており、薄片の幅は約7mm程度からなる。各薄片はそれぞれ屈曲上面32および屈曲下面33を有している。曲率は各面が第2図においてXで示した有効放射源の近くにその中心を備えた想像円の一部を形成するようになっている。上面32には第2図に略示した長手方向のV形状溝34を備え、対応するV形状溝35を下面33に設けてある。上方ローラ36は上方溝34と係合してばね負荷されている。2個の下方ローラ37と38はその下方溝35に薄片の下面33を支持してい

面45はXにその中心を有する想像円の一部を形成する。従って、有効な放射源Xから放射された放射ビームが所望しない半影を残さないように内縁面45に沿って平行に掃射する。内縁面45が想像半径に対して角度を形成する場合に所望しない半影が生じる。更に薄片31の長手方向に対して垂直な方向、即ち移動方向、従って第2図の平面に対して垂直方向においてこのような所望しない半影を避けるために、一方を符号46で示した薄片31の2つの主面は有効な放射源Xの方向に常に先端を向けるようにテーパを付けている。従って、図示した平行関係に配置させるとき薄片31は第4図に示した扇形の形状を形成し、Xにおいて扇形の頂点を有する。それ故、放射領域を横切るゴリメータの部分の二重配列が達成される。上述した米国特許においてはこの二重配列は二重焦点合せと呼ばれている。

各薄片の位置を設定するための設定手段はモータ50と各薄片31に設けた上方に向けた延

る。各ローラ37、38は下部支持棒25によって回転可能に支持されており、上方ローラ36は上部支持棒23によりレバー40によって支持され、該レバー40は一端において全ての一对の薄片に共通な枢軸41を中心に回動し、その他端においてローラ36を回転可能に取付けている。L形状プレート42はその一端でレバー40に回転可能に取付けられ、その対向端で支持棒23に取付けられた圧縮ばね43に取付けられている。薄片の上面32の上方溝34と係合してローラ36を押圧する圧縮ばね43は各薄片が該薄片の端部位置間の湾曲した螺旋状通路に沿って滑らかに走行するように備えられている。第3図において薄片31はその突出末端位置で示されており、薄片30はその撤退末端位置において示されている。3つのローラ間に薄片30を移動させる場合に該薄片は並進並びに回転運動を行う。

薄片31の内縁面45は有効な放射源Xと常に整列するように配置されている。即ち、内縁

長部51の形状で設けられている。延長部51はその下端で薄片31に螺着させ、その上端に多数の貫通孔を備えている棒の形状にすることができる。薄片31用に枢軸52を中間開口部に設け、枢軸52は螺子を有する貫通孔を備えている。モータ50のネジ付き出力軸53は枢軸52の螺子付き貫通孔に螺入されているので、出力軸53の回転が屈曲円形路に沿って薄片31を移動させることは明らかである。薄片30、31の厚さはモータの直径より小さいので隣接薄片31のモータは列をなして配置され、第4図に示した方法で相対的に僅かに変位されている。各ステップモータ50は側壁15、16間に延伸しているモータ取付け棒54に設けられた貫通孔に螺着されている。各モータは側壁15、16間に同様に延伸するスイッチ取付け棒56に設けたスイッチ55によって個々に制御可能である。パッキング57はスイッチ取付け棒上のスイッチ55を包囲し且つ保護ケーシング6に対してガス密封シールを形成し、

スイッチ取付け枠の区域において保護ケーシング6はスイッチを操作することによって各モータを手で制御させることができるように貫通孔を備えている。

第3図から明らかな通り、内縁45は段部を備えている。薄片30の対向内縁60に係合段部を設けてあるので、第5図に示した上方及び下方薄片を有する場合であるように各薄片が互いに接触させられるとき放射は接触線部間の接合部を貫通することがない。

同一方法及び同一目的のため主面46は符号61で略示した段部を備え、係合段部は破線62によって示してあるように薄片31の対向主面に設けてある。

第2図から明らかなように、電球65を枠体4の外部に設けてある。電球65からの光は半透明ミラー71を通して伝達され、放射ヘッドの下流のミラー66によって反射される。その構成により、電球65からの光が放射される面(例えば患者の身体)を照明するようになって

いる。その場合に照明された面は多重薄片コリメータ5によって設定されるような放射区域、例えば第5図に示した中心を外れた腎臓形の放射区域である。

空気の分子と放射ビームとの相互作用を減少させるために保護ケース6内の空気をヘリウムガスに代え、弁80を通してヘリウムガスを導入させそしてケーシング内に大気圧で支持してある。

従来では全ての薄片31、32の位置は人間によって監視されていた。各薄片の位置は2本の導体によってポテンシオメータの摺動接点及び同一ポテンシオメータの固定接点に接続されたメータに指示されていた。摺動接点はモータの出力軸によって移動され、それによりメータ上で読み取る電圧の形でコリメータブレードの実際の位置を示していた。上述した米国特許に使用された種類の64個のスラブに関してはこの監視装置はその場合に放射ヘッドから引き出される少なくとも68本の導体を必要とする。

本発明によれば、前記導体は各個の薄片が前述した各個の通路に沿って予め定めた位置に設定される読取り及び制御装置の一部を形成する

(TV)カメラ67に接続される単一の同軸制御ケーブルに交換される。読取り装置は第6図及び第8図に詳細に示されそして前記TVカメラ67に加えて半反射ミラー66と半反射ミラー71を含むミラー装置からなっている。薄片コリメータ制御装置はまたTVカメラ制御ユニット72と、データプロセッサ73と、各個のモータ50用の別個の駆動ユニットを含むモータ駆動ユニット74と、TVモニター75とを含んでいる。

TVカメラはビームがミラーを通してビームの拡散中心Xに現われるように位置決めされている。従って放射ヘッドを「のぞき見」しそして有効な放射源から薄片コリメータ5を見る。放射されるべき面から反射された周囲の光は放射ヘッドの下流に向けられ、ミラー66及び71に反射後TVカメラによって見られる。ミ

ラー71を干渉フィルタに置き換えるとテレビジョン画像のコントラストをさらに改善することができる。干渉フィルタが青みを帯びているとすると、その場合電球65からの光の青みを帯びた部分は濾過されそして黄ばんだ光が上方からブレードコリメータを照明する。しかし、放射面から反射された周囲の光は上方からコリメータを照明する光から濾過された青みを帯びた成分を含有し、従って全体のコントラストが改善される。選択的に、読取りは電球65からのフィールド光により達成される。薄片の上面はその場合フィールド光をTVカメラに反射し返す反射面を備えている。

TVカメラ67は通路に平行な方向に沿って薄片を走査し、該通路に沿って薄片が移動できる。従って各走査線は第8図に示した通り一對の2つの対向薄片を走査する。好適な実施例において各薄片は8本の線1~8によって走査され、各薄片の位置は各走査線に現われる明/暗の姿わり目によって決定される。TVカメラ制

御ユニット72は各走査線に含まれるアナログ画像情報をプロセッサ73によって処理するデータ位置信号に変換するための変換器を含んでいる。第8図から明らかなように各走査線は図面にLEで示した左側薄片31の右側端の位置及びREによって示した右側薄片30の左側端の位置についての情報からなっている。各組の薄片30, 31に関してそれぞれ照明棒76及び77によって形成される基準マークがある。各照明棒はポリメチルメタクリレート(PMMA)の棒からなり、該棒はその一端面にその光を棒に向ける電球を備えている。第8図において照明棒76はRR(右方基準)によって示され、照明棒77はLR(左方基準)によって示されている。本発明の好適な実施例において放射されるべき区域の輪郭線の位置に関するデータはプロセッサに記憶され、LEおよびLRに関するデータ位置信号と比較される。第8図においてLCは放射されるべき区域の左側輪郭線の位置を示し、一方RCは輪郭線の右側に沿

う部分を示す。従って、放射区域は第8図のLCとRCとの間の区域にしなければならない。第8図においては薄片31のLEが正確な設定を取るためにLCと整列して左側に移動させなければならないことが明らかとなる。同様に薄片30のLRはRCと整列して右側に移動させなければならない。プロセッサ73においてLEの現在位置を示すデータはLCの位置を示すデータと連続的に比較され、それらの間の偏差がある場合にプロセッサは薄片31のLEをLCと整列して移動させるまでモータ50を付勢するように該モータ50に制御信号を出力すべくプログラムされる。同様な方法において薄片30を駆動するモータ50はプロセッサによって制御される。

理論的には各一对の対向薄片を走査することによって各一对の対向薄片に必要な位置データを得ることができるけれども、特に個々の走査において各々に必要なデータ、すなわちLR, LE, REおよびRRを得るのが好ましい。前

述したように一对の対向薄片は第8図に示したように8本の線1~8において走査される。線2においてLRの位置を示すデータが取られ、走査線3の中にLEが取られ、線4中にREが取られ、線5中にRRが取られる。他の4本の線中にはデータは取られない。

コリメータのブレードの位置は同様に読取り装置の一部を形成するTVモニタ75において見ることができる。

上述した実施例においてLCおよびRCの位置は薄片30, 31の実照の設定以前の時にプロセッサ72内に記憶されている。LCおよびRC位置データはプロセッサに手動で入力するか又はコンピュータ化された断層撮影機の中央プロセッサから直接取ることでもできる。本発明のさらに他の実施例によれば放射されるべき区域の輪郭線は患者の皮膚上に直接描かれ、描かれた輪郭線に関するデータは例えばLCに関して走査線2にかつRCに関して走査線4中に取られる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の多重薄片コリメータを使用する放射治療架台を示す斜視図、第2図は放射ヘッドを側面から見たもので、図を明瞭にするために簡略化した本発明によるコリメータを備えた第1図に示した放射ヘッドの断面図、第3図は第2図のIII-III線に沿うコリメータの断面図、第4図は図を明瞭にするため簡略化した第2図において除去されたコリメータの別の部材を示す側面図、第5図は下から見た第1図のビーム放射ヘッドの底面図、第6図は第2図のVI-VI線に沿う断面図、第7図はコリメータ読取り及び制御装置を示す概略図、第8図はコリメータ読取り装置に組み込まれたテレビジョンカメラによって見られる一对の対向薄片の拡大図である。

図中、符号3は放射ヘッド、4は枠体、5は多重薄片コリメータ、6は保護ケーシング、7はブロックコリメータ、12は支持構造物、22, 25は支持棒、30, 31は薄片(リー

フ)、45は薄片の内縁面、Xは放射源、50はモータ、51は延長部、67はTVカメラ、66、71は反射ミラー、72はTVカメラ制御ユニット、73はデータプロセッサ、74はモータ駆動ユニット、75はTVモニターである。

特許出願人 インストゥルメント アクチボラージ
スキャンデイトロニクス

代理人 土 橋 秀 夫
同 江 藤

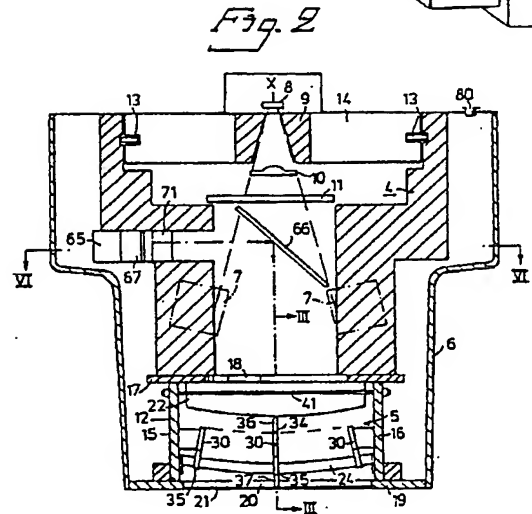
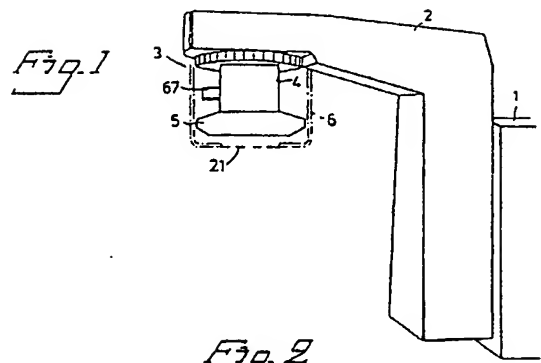


Fig. 3

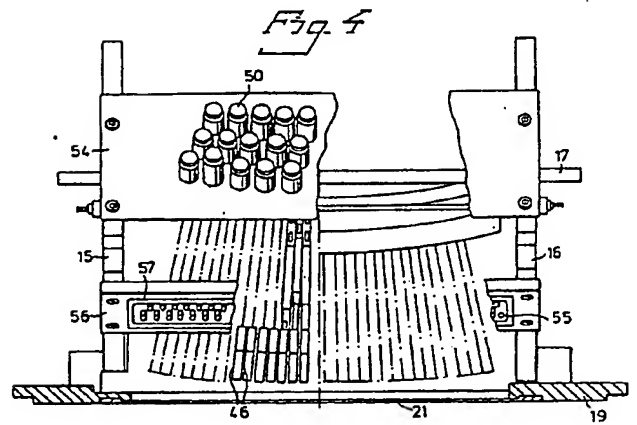
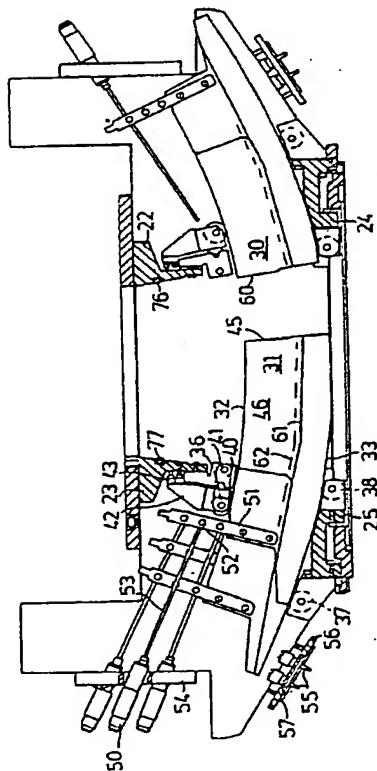


Fig. 5

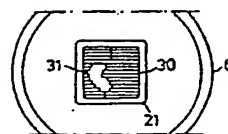


Fig. 6

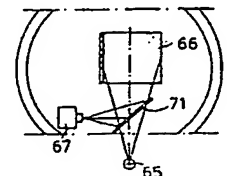


Fig. 7

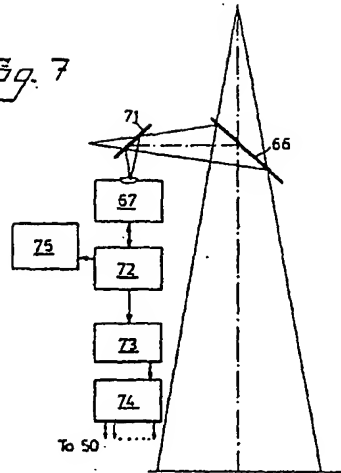


Fig. 8

